

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ОБРАТИМУЮ ОТПУСКНУЮ ХРУПКОСТЬ ВЫСОКОХРОМИСТОЙ СТАЛИ

Лаев К.А.

ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности», г. Челябинск,
Laboratoria@sinara-group.com

В статье рассмотрено влияние высокотемпературной термомеханической обработки на развитие обратимой отпускной хрупкости коррозионностойкой высокохромистой стали.

Высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО) является эффективным методом ослабления развития многих видов интеркристаллитной хрупкости сталей и сплавов [1, 2, 3].

В настоящей работе исследовали влияние этой обработки на склонность к обратимой отпускной хрупкости высокохромистой коррозионностойкой стали 20Х13 следующего химического состава: 0,2 %С, 0,55 %Мn, 0,68 %Si, 0,016 %Р и 12,6 %Cr, Заготовки сечением 13х18 мм, вырезанные из горячекатаной трубы вдоль направления прокатки, подвергали аустенитизации при 1000 °С, а затем подстуживали 900 °С и после двухминутной выдержки при этой температуре деформировали прокаткой со скоростью 1с⁻¹ и обжатием 30 %, после чего следовала немедленная закалка в масле. Часть заготовок закаливали непосредственно от 1000 °С.

При исследовании режима ВТМО признаков рекристаллизации горячедеформированного аустенита не обнаружено. На границах аустенитного зерна наблюдается слабовыраженная зубчатость, характерная для ВТМО. Во время проведения ВТМО происходит выделение карбидов. Об этом свидетельствует уменьшение параметра решетки мартенсита. После закалки он был равен 2,8691 Å, а после ВТМО уменьшился до 2,8678 Å.

Небольшой эффект дополнительного упрочнения, созданный ВТМО, сохраняется при отпуске при 700 °С (таблица). Рост прочностных характеристик сопровождается некоторым снижением пластичности. В тоже время после ВТМО имеет место заметное повышение ударной вязкости.

Таблица – Влияние ВТМО на механические свойства стали марки 20Х13

Режим обработки	σ _Т	σ _В	δ	ψ	KCV _{+21°С} , Дж/см ²	KCV _{+21°С} , Дж/см ² после дополнительного отпуска при 520 °С, 10 ч
	МПа		%			
Закалка от 1000 °С и отпуск при 700 °С, 1 ч	583	798	23,7	64	87	33
ВТМО с деформацией при 900 °С	660	856	20,6	61	131	40

и отпуск при 700 °С, 1 ч					
--------------------------	--	--	--	--	--

Для оценки влияния ВТМО на развитие обратимой отпускной хрупкости заготовки после одночасового отпуска при 700°С подвергали десятичасовому нагреву на 520 °С. Испытания ударной вязкости в широком интервале температур показали, что такой провоцирующий нагрев сопровождался существенным охрупчиванием стали (рисунок 1). Судя по положению серийной кривой KCV, ее температура вязкохрупкого перехода лежит в области положительных температур (рисунок 1). Недеформированные образцы лишь при +100 °С претерпевают преимущественно вязкое транскристаллитное разрушение: изломы имеют ямочное дуплексное строение. Но даже в этом случае в средней части изломов встречаются в небольшом количестве хрупкие зернограницные фасетки. При снижении температуры испытания до комнатной температуры изломы недеформированных образцов становятся полностью хрупкими интеркристаллитными (рисунок 2, а).

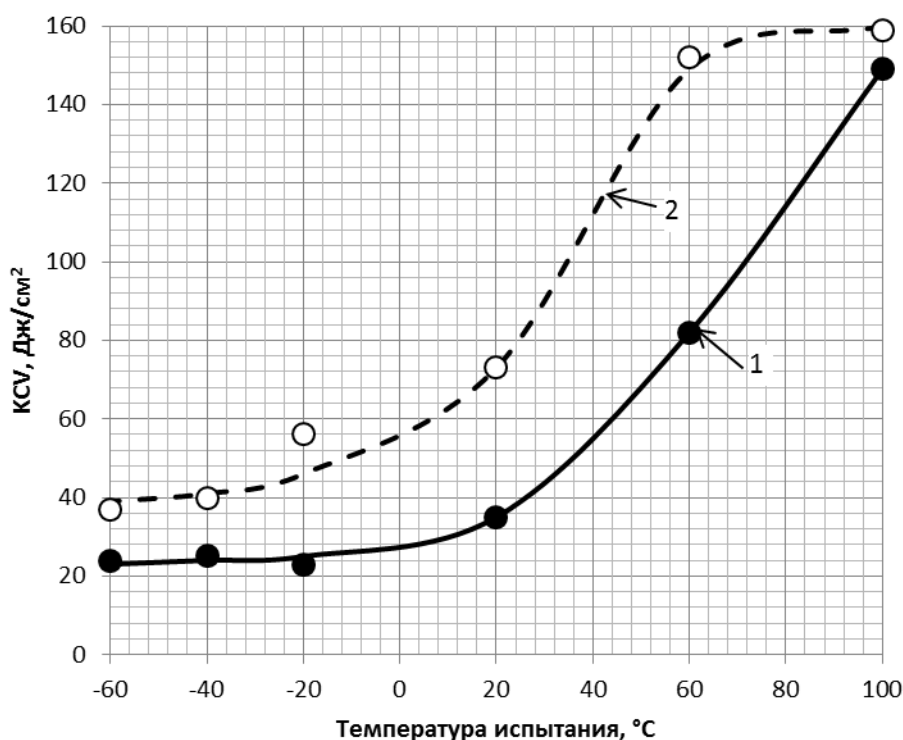


Рисунок 1 – Серийные кривые ударной вязкости стали 20Х13 после отпуска при 700 °С, 1 ч + 520 °С, 10 ч. 1– без деформации, 2– ВТМО с деформацией при 900 °С

ВТМО с деформацией при 900°С приводит к смещению серийной кривой ударной вязкости в сторону более низких температур. При всех исследованных температурах испытания ВТМО подавила интеркристаллитное разрушение, заменив его транскристаллитным. Судя по ямочному строению изломов, транскристаллитное разрушение деформированных образцов при +100 -20°С протекает вязко (рисунок 2, б).

Наблюдаемому уменьшению ударной вязкости при снижении температуры испытания в этом интервале соответствует уменьшение размеров и глубины ямок в изломах. При более низких температурах испытания ($-40 + -60\text{ }^{\circ}\text{C}$) на поверхности разрушения наряду с участками вязкого разрушения появляются фасетки скола (рисунок 2, в).

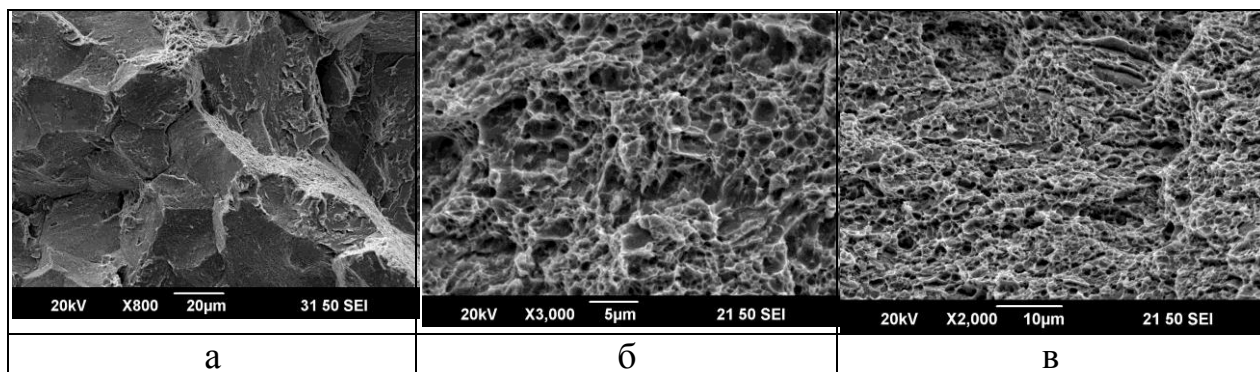


Рисунок 2 Характерный вид излома стали 20X13, подвергнутой следующей обработке: а) Без ВТМО. Закалка от $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ с одночасовым отпуском при $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ с последующим нагревом до $520\text{ }^{\circ}\text{C}$ и десятичасовой выдержкой Температура испытания $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. б) ВТМО с деформацией при температуре $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ и одночасовому отпуску при $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ с последующим нагревом до $520\text{ }^{\circ}\text{C}$ и десятичасовой выдержкой. Температура испытаний $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$. в) ВТМО с деформацией при температуре $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ и одночасовому отпуску при $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ с последующим нагревом до $520\text{ }^{\circ}\text{C}$ и десятичасовой выдержкой. Температура испытаний $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$

Таким образом, на высокохромистой стали 20X13 реализуется та же закономерность, что и на других сталях, закаливаемых на мартенсит. ВТМО ослабляет развитие обратимой отпускной хрупкости, затрудняя развитие хрупкого интеркристаллитного разрушения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Бернштейн М.Л., Займовская В.А., Капуткина Л.М. Термомеханическая обработка стали. М.: Металлургия, 1983. -480с.
2. Смирнов Л.В, Соколов Е.Н., Садовский В.Д. Влияние пластической деформации в аустенитном состоянии на хрупкость при отпуске конструкционных легированных сталей. ДАН СССР. 1955. т.103, №4, с. 609-610.

Смирнов М.А., Петрова С.Н., Смирнов Л.В. Высокотемпературная термомеханическая обработка и хрупкость сталей и сплавов. М.: Наука. 1991.-167с.